

**М. А. ПОДРІГАЛО**, д-р. техн. наук, ХНАДУ (м. Харків);

**А.І. КОРОБКО**, аспірант, ХНАДУ (м. Харків)

## ВПЛИВ КУТА УСТАНОВКИ ДАТЧИКІВ ПРИСКОРЕНЬ НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

Предложены аналитические зависимости для определения погрешности измерения параметров движения автомобиля при динамических испытаниях с использованием датчиков ускорений.

Analytical dependences for finding the definition errors of automobile movement parameters at dynamic tests with acceleration sensors are offered.

**Вступ.** Для забезпечення необхідного рівня безпеки при використанні автомобіля необхідно розширювати контроль різних механізмів, що приймають участь у його роботі, переходити на якісно більш високий рівень випробувань і впроваджувати нові пристрої з широкими функціональними можливостями.

В даній статті отримано аналітичні вирази, що дозволяють оцінити погрішність вимірювання параметрів руху автомобіля при динамічних (кваліметричних) випробуваннях при кутовому зміщенні датчиків прискорень (акселерометрів).

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** В [1] наведено можливості застосування акселерометрів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях автомобілів. В [2, 3] описано метод вимірювання параметрів руху автомобіля, а саме кутових швидкості і прискорень, миттєвого радіусу повороту, координати центру пружності і лінійної швидкості, з застосуванням двох датчиків прискорень (1-5):

$$e = \frac{Y_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1}) + X_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1})}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2}, \quad (1)$$

$$w = \sqrt{\frac{Y_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1}) - X_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1})}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2}}, \quad (2)$$

$$R_D = \frac{e\bar{a}_{x_1} + w^2\bar{a}_{y_1}}{e^2 + w^4} - 0,5(Y_A - Y_B), \quad (3)$$

$$X_A = \frac{e\bar{a}_{y_1} - w^2\bar{a}_{x_1}}{e^2 + w^4} + 0,5X_{AB}. \quad (4)$$

де  $a_{Ax_1}, a_{Ay_1}, a_{Bx_1}, a_{By_1}$  – виміряні значення лінійних прискорень вздовж осей  $O_Ix_I$  і  $O_Iy_I$  акселерометрами встановленими в точках  $A$  і  $B$  відповідно (рис. 1);

$Y_{AB}, X_{AB}, Y_A, Y_B$  – координати встановлення акселерометрів (рис. 1).

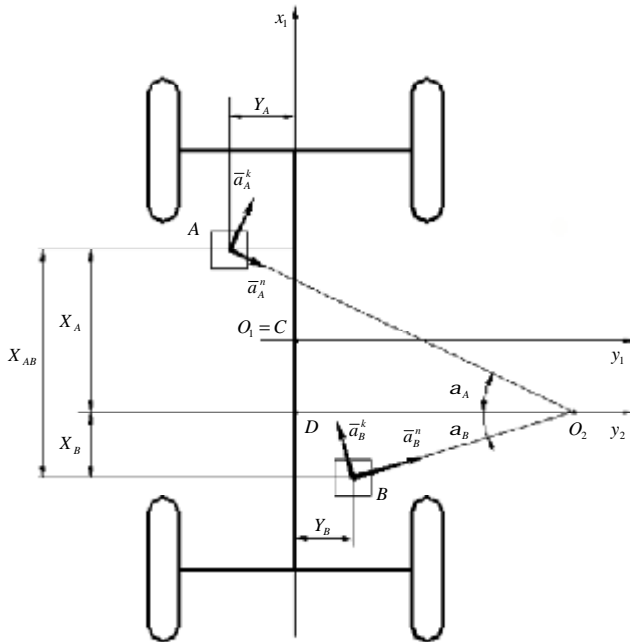


Рисунок 1 – Схема вимірювання лінійних прискорень автомобіля при довільній установці двох акселерометрів

Перевагою такого методу є те, що можливо вимірювати лінійну швидкість руху автомобіля без застосування інтегрування. Також в [2] наведено вирази для визначення погрішності непрямих вимірювань указаних параметрів. Але в указаних роботах не враховується і не досліджено вплив на точність вимірювання кутів зміщення датчиків прискорень в горизонтальні і вертикальні площині.

**Мета і постановка задач дослідження.** Метою даного дослідження є визначення впливу кутового зміщення датчиків прискорень на точність вимірювання параметрів руху автомобіля.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити погрішність вимірювання параметрів руху автомобіля при кутовому зміщенні датчиків прискорень;
- визначити сумарну погрішність вимірювання параметрів руху автомобіля.

**Визначення погрішності вимірювання параметрів руху автомобіля при кутовому зміщенні датчиків прискорень.** Абсолютні погрішності вимірювання кутового прискорення, кутової швидкості, миттєвого радіусу повороту і координати центру пружності автомобіля при зміщенні акселерометрів визначаються як різниця між дійсним значенням указаних параметрів і вимірними

$$\Delta e_{\text{кут}} = e_{\partial} - e, \quad (5)$$

$$\Delta w_{\text{кут}} = w_{\partial} - w, \quad (6)$$

$$\Delta R_{D\text{кут}} = R_{D\partial} - R_D, \quad (7)$$

$$\Delta X_{A\text{кут}} = R_{D\partial} - R_D, \quad (8)$$

де  $e_{\partial}$ ,  $w_{\partial}$ ,  $R_{D\partial}$ ,  $X_{A\partial}$  – дійсні значення кутового прискорення, кутової швидкості, миттєвого радіусу повороту і координати центру пружності автомобіля відповідно;

$e$ ,  $w$ ,  $R_D$ ,  $X_A$  – виміряні значення параметрів руху автомобіля, визначаються залежностями (1)-(4) відповідно.

Для того, щоб знайти дійсні значення параметрів руху автомобіля, необхідно виміряні значення параметрів скоректувати з урахуванням кутів відхилення датчиків прискорень від прямолінійного і горизонтального положення:

$$e_{\partial} = \frac{Y_{AB} (a_{Ax_1} \sec a_A \sec b_A - a_{Bx_1} \sec a_B \sec b_B)}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2} + \frac{X_{AB} (a_{Ay_1} \sec a_A \sec g_A - a_{By_1} \sec a_B \sec g_B)}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2}, \quad (9)$$

$$w_{\partial} = \sqrt{\frac{Y_{AB} (a_{Ay_1} \sec a_A \sec g_A - a_{By_1} \sec a_B \sec g_B)}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2} - \frac{X_{AB} (a_{Ax_1} \sec a_A \sec b_A - a_{Bx_1} \sec a_B \sec b_B)}{Y_{AB}^2 + X_{AB}^2}}, \quad (10)$$

$$R_D = \frac{0,5e(a_{Ax_1} \sec a_A \sec b_A + a_{Bx_1} \sec a_B \sec b_B)}{e^2 + w^4} +$$

$$+ \frac{0,5w^2(a_{Ay_1} \sec a_A \sec g_A + a_{By_1} \sec a_B \sec g_B)}{e^2 + w^4} - 0,5(Y_A - Y_B) \quad , \quad (11)$$

$$X_A = \frac{0,5e(a_{Ay_1} \sec a_A \sec g_A + a_{By_1} \sec a_B \sec g_B)}{e^2 + w^4} -$$

$$- \frac{0,5w^2(a_{Ax_1} \sec a_A \sec b_A + a_{Bx_1} \sec a_B \sec b_B)}{e^2 + w^4} + 0,5X_{AB} \quad , \quad (12)$$

де  $a_A, a_B, b_A, b_B, g_A, g_B$  – кути відхилення датчиків прискорень від прямолінійного і горизонтального положення (рис. 2).

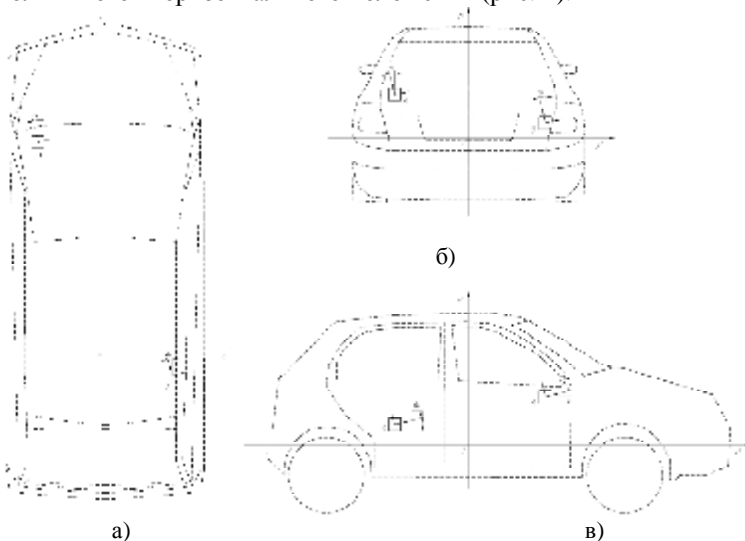


Рисунок 2 – Установка датчиків прискорень

Відносна погрішність визначення параметрів руху автомобіля при кутовому відхиленні датчиків прискорень

$$\frac{\Delta e_{кут}}{e} = \frac{e_{\delta}}{e} - 1, \quad (13)$$

$$\frac{\Delta w_{кут}}{w} = \frac{w_{\delta}}{w} - 1, \quad (14)$$

$$\frac{\Delta R_{Dкут}}{R_D} = \frac{R_{D\delta}}{R_D} - 1, \quad (15)$$

$$\frac{\Delta X_{A_{\text{күм}}}}{X_A} = \frac{X_{A_{\partial}}}{X_A} - 1. \quad (16)$$

Підставивши у вирази (13)-(16) відповідно дійсні і виміряні значення параметрів руху отримаємо відносні погрішності визначення параметрів руху автомобіля при кутовому зміщенні датчиків прискорень:

$$\frac{e_{\partial}}{e} = \frac{Y_{AB}(a_{Ax_1} \sec a_A \sec b_A - a_{Bx_1} \sec a_B \sec b_B)}{Y_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1}) + X_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1})} + \frac{X_{AB}(a_{Ay_1} \sec a_A \sec g_A - a_{By_1} \sec a_B \sec g_B)}{Y_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1}) + X_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1})} - 1, \quad (17)$$

$$\frac{w_{\partial}}{w} = \sqrt{\frac{Y_{AB}(a_{Ay_1} \sec a_A \sec g_A - a_{By_1} \sec a_B \sec g_B)}{Y_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1}) - X_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1})} - \frac{X_{AB}(a_{Ax_1} \sec a_A \sec b_A - a_{Bx_1} \sec a_B \sec b_B)}{Y_{AB}(a_{Ay_1} - a_{By_1}) - X_{AB}(a_{Ax_1} - a_{Bx_1})}} - 1, \quad (18)$$

$$\frac{R_{D\partial}}{R_D} = \frac{0,5e(a_{Ax_1} \sec a_A \sec b_A + a_{Bx_1} \sec a_B \sec b_B)}{e\bar{a}_{x_1} + w^2\bar{a}_{y_1} - 0,5(e^2 + w^4)(Y_A - Y_B)} + \frac{0,5w^2(a_{Ay_1} \sec a_A \sec g_A + a_{By_1} \sec a_B \sec g_B)}{e\bar{a}_{x_1} + w^2\bar{a}_{y_1} - 0,5(e^2 + w^4)(Y_A - Y_B)} - \frac{-0,5(e^2 + w^4)(Y_A - Y_B)}{e\bar{a}_{x_1} + w^2\bar{a}_{y_1} - 0,5(e^2 + w^4)(Y_A - Y_B)} - 1 \quad (19),$$

$$\frac{X_{A\partial}}{X_A} = \frac{0,5e(a_{Ay_1} \sec a_A \sec g_A + a_{By_1} \sec a_B \sec g_B)}{e\bar{a}_{x_1} + w^2\bar{a}_{y_1} + 0,5X_{AB}(e^2 + w^4)} - \frac{0,5w^2(a_{Ax_1} \sec a_A \sec b_A + a_{Bx_1} \sec a_B \sec b_B)}{e\bar{a}_{x_1} + w^2\bar{a}_{y_1} + 0,5X_{AB}(e^2 + w^4)} + \frac{0,5X_{AB}(e^2 + w^4)}{e\bar{a}_{x_1} + w^2\bar{a}_{y_1} + 0,5X_{AB}(e^2 + w^4)} - 1 \quad (20).$$

**Визначення сумарної погрішності вимірювання параметрів руху автомобіля.** Сумарна погрішність вимірювання параметрів руху автомобіля визначається як алгебраїчна сума погрішностей, що виникають при кутовому зміщенні датчиків прискорень і погрішності непрямих вимірювань:

$$\left( \frac{\Delta e}{e} \right)_{\Sigma} = \frac{e_{\text{кум}}}{e} + \frac{e_e}{e}, \quad (21)$$

$$\left( \frac{\Delta w}{w} \right)_{\Sigma} = \frac{w_{\text{кум}}}{w} + \frac{e_w}{w}, \quad (22)$$

$$\left( \frac{\Delta R_D}{R_D} \right)_{\Sigma} = \frac{R_{\text{кум}}}{R_D} + \frac{e_{R_D}}{R_D}, \quad (23)$$

$$\left( \frac{\Delta X_A}{X_A} \right)_{\Sigma} = \frac{X_{A\text{кум}}}{X_A} + \frac{e_{X_A}}{X_A}, \quad (24)$$

де  $\frac{e_e}{e}$ ,  $\frac{e_w}{w}$ ,  $\frac{e_{R_D}}{R_D}$ ,  $\frac{e_{X_A}}{X_A}$  – погрішності непрямих вимірювань кутового

прискорення, кутової швидкості, миттєвого радіусу повороту і координати центру пружності автомобіля відповідно [2].

**Висновки.** Отримані залежності дозволяють визначати погрішність вимірювання параметрів руху автомобіля в ході динамічних випробувань, що виникає при відхиленні датчиків прискорень від прямолінійного і горизонтального положення.

**Список літератури.** 1. Коробко А. І. Застосування акселерометрів при динамічних випробуваннях автомобілів / А. І. Коробко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2009. – Вип. 9 Т. 5. – С. 193-197. 2. Коробко А. І. Метрологічне забезпечення динамічних випробувань тягово-транспортних машин / М. А. Подрігало, А. І. Коробко, Д. М. Клец, В. І. Гацько // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Тракторна енергетика в рослинництві. – 2009. – Вип. 89. – С. 87-99. 3. Коробко А. Підвищення точності вимірювання параметрів руху автомобіля у процесі динамічних випробувань / М. Подрігало, А. Коробко, Д. Клец, О. Назарько, В. Гацько // Метрологія та прилади. – 2010. – № 3. – С. 49-52.

Поступила в редакцію 30.09.2010